

Distribución y modelo genético de los yacimientos de caolín del estado de Hidalgo

Distribution and genetic model of kaolin deposits in Hidalgo State

Luis E. Ortiz-Hernández, José C. Escamilla-Casas

Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Mineral de la Reforma, Hidalgo, 42184, México.

Abstract:

The spatio-temporal and lithological distribution of kaolin deposits in the state of Hidalgo are reported, based on an analysis of their occurrence and characteristics. A genetic model of the kaolin is proposed, based on active geothermal systems that supplied sulphidic-acid water, in the context of volcanic calderas.

Keywords:

kaolin, occurrence, genetic model, Hidalgo state, Mexico.

Resumen:

Se consigna la distribución espacio-temporal y litológica de los yacimientos de caolín del estado de Hidalgo, con base en el análisis de su ocurrencia y características. Se propone asimismo su modelo genético, a partir de sistemas geotérmicos activos que suministraron aguas ácido-sulfatadas, en un contexto de calderas volcánicas.

Palabras Clave:

caolín, ocurrencia, modelo genético, estado de Hidalgo, México.

1. Introducción

El caolín es una arcilla refractaria compuesta esencialmente de alúmina y sílice, cuya fórmula química es: $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$ y cuya proporción en óxidos es $Al_2O_3 = 39.5\%$; $SiO_2 = 46.5\%$ y $H_2O = 14\%$. Las características del caolín son las siguientes: peso específico 2.6, dureza 2, color blanco o de diversos colores debido a impurezas de Fe, Cr, Ti, Mg y K. Brillo terroso mate a perlado. Generalmente untuoso y plástico al tacto. El caolín ocurre generalmente en láminas muy pequeñas, delgadas, rómbicas o de forma hexagonal o en masas arcillosas, compactas o sueltas, es infusible e insoluble.

El caolín tiene numerosas aplicaciones industriales siendo las principales en la fabricación de papel, de cerámica, del caucho, de plástico y de pintura, ya que aporta ciertas propiedades al producto final, en particular la blancura.

El caolín comercializado es un producto constituido esencialmente de caolinita, producto de la alteración de feldespatos en medio ácido, fuertemente lixiviado y pobre en cationes. Este caolín es obtenido por la depuración de una roca madre, a partir de dos tipos de yacimientos [1]:

-Yacimientos de alteración o primarios: resultantes de la transformación *in situ* de rocas feldespáticas de diferente naturaleza: granito o riolita, gneis y arenas feldespáticas.

-Yacimientos sedimentarios o secundarios: derivados del transporte y sedimentación de la caolinita de yacimientos precedentes.

Localización y geología

En el estado de Hidalgo existen alrededor de doce regiones caoliníferas, en los municipios de Acatlán, Cuauhtepic, Metepec

Autor para la correspondencia: jocesca@uaeh.edu.mx

Correos electrónicos: leoh@uaeh.edu.mx (Luis E. Ortiz-Hernández), jocesca@uaeh.edu.mx (José C. Escamilla-Casas).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6084-1862> (Luis E. Ortiz-Hernández), <https://orcid.org/0000-0001-7059-7752> (José C. Escamilla-Casas),

Fecha de recepción: 26/06/2020, Fecha de aceptación: 17/08/2020, Fecha de publicación: 05/10/2020

<https://doi.org/10.29057/aactm.v7i7.6177>



[2], Singuilucan [3], Chapantongo, Huichapan, Tecozautla [4], Metztlán, Tenango de Doria, Atotonilco de Tula, Agua Blanca y Zacualtipán [5, 6, 7]. Estas zonas se ubican mayoritariamente en las provincias geológicas de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) y el Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas (CMPF) (Figura 1).

Esto da como resultado que, a nivel nacional, el estado de Hidalgo ocupe un lugar preponderante en la producción de caolín. A título de ejemplo, la producción de caolín para el año 2017 fue de 100000 t, lo que representó el 3.34% de la producción minera nacional [8].



Figura 1. Localización de regiones caoliníferas en el estado de Hidalgo, con respecto a las provincias geológicas (límites aproximados) y a las estructuras tectónicas principales (pliegues, fallas, lineamientos y lineamientos circulares). 1 Acatlán, 2. Cuautepec, 3. Metepec, 4. Singuilucan, 5. Chapantongo, 6. Huichapan, 7. Tecozautla,, 8. Atotonilco de Tula, 9. Metztlán, 10. Tenango de Doria, 11. Agua Blanca y 12. Zacualtipán.

FVT: Faja Volcánica Transmexicana, CMPF: Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas, MGM: Miogeoclinal del Golfo de México, PVSLP: Plataforma de Valles-San Luis Potosí.

Un resumen de características de algunos yacimientos se muestra a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Resumen de características de algunos yacimientos de caolín en el estado de Hidalgo.

YACIMIENTO	MUNICIPIO	PROVINCIA	MINERALOGÍA	ENCAJONANTE
Tepeyac, Jacala	Zacualtipán	CMPF	Caolinita, cristobalita	Toba riolítica
Los Pinos, Cumbre de Altambres	Metztlán	CMPF	Caolinita	Toba riolítica
La Fortuna, La Hueca I y II, La Blanquilla	Cuautepec de Hinojosa	FVT	Caolinita, cuarzo alunita y hematita	Toba riolítica
Santa Rosa, El C6, La Salitrera	Tecozautla	FVT	Caolinita, yeso	Riolita
Las Cuevas, Altambres	Zacualtipán	CMPF	Caolinita	Toba riolítica
La Nevada, La Joya, El Bordo	Agua Blanca	CMPF	Caolinita, cuarzo	Toba riolítica
La Paloma, Vinasco, La Marimba	Metepec	CMPF	Caolinita, alunita	Toba riolítica

Se constata que los depósitos de caolín son cuerpos o masas irregulares de caolín silicoso o alunitico, es decir asociados a sílice y a alunita.

Como se observa en la Tabla 1, el encajonante de la mineralización de caolín es invariablemente tobas riolíticas o riolitas correlacionables con la Formación Donguinyó, del Plioceno, la cual definió Segerstrom [9] como un paquete de toba y brecha andesítica y dacítica, con características de ignimbrita, cuya localidad tipo se localiza en el arroyo Donguinyó, en la carretera Ixmiquilpan-Huichapan. La composición de esta formación se ha extendido al campo riolítico, en la mayoría de las localidades caoliníferas [2, 4, 5, 6, 7].

Los depósitos de caolín se asocian entonces a rocas piroclásticas o volcánicas, sobre todo ácidas, que han sido afectadas por una alteración hipogénica (argílica avanzada) y también por alteración supergénica.

Ferrari et al. [10] mencionan la ocurrencia de depósitos piroclásticos de flujo, caída y oleada, de una ignimbrita denominada Carboneros, del Plioceno temprano (4.36 Ma; $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$), que cubre más de 500 km² entre Molango y Tulancingo (CMPF y FVT), y cuya fuente es una caldera resurgente situada al sur del poblado de Carbonero Jacales. Cantagrel y Robin [11] reportaron dos edades radiométricas K/Ar muy cercanas de 4.30±0.15 Ma y 4.40±0.10 Ma para la ignimbrita nombrada por ellos Zacualtipán, que es correlacionable con la que describen Ferrari y colaboradores [10].

Por otra parte, en el extremo noroccidental del estado de Hidalgo (FVT), Barrera-Guerrero y Ortiz-Hernández [12] proponen la existencia de una gran caldera denominada Tolteca, que circunscribe a otras estructuras volcánicas menores, incluyendo a la caldera de Huichapan, del Plioceno temprano (4.5±0.30 Ma y 4.2±0.30 Ma [13, 14, 15]) y a afloramientos de la toba Huichapan de 4.2±0.2 Ma [16], que es una secuencia piroclástica riolítica con ignimbritas, pómez y depósitos de oleada, que se extiende hasta 60 km de su fuente [17].

En el extremo oriental del estado de Hidalgo, en la región de Tulancingo (FVT), Solana-López [18], sugiere la existencia de otra gran caldera denominada caldera Tulancingo, que circunscribe a otros centros eruptivos, incluyendo a la caldera de Acoculco, del vecino estado de Puebla. En ésta se tiene un

complejo de domos riolíticos del Plioceno al Pleistoceno [19], pero también algunas secuencias piroclásticas con ignimbritas y riolitas del Mioceno medio, con alteración argílica avanzada con caolinita, alunita, tridimita y cristobalita, como es el caso de los prospectos El Capulín y Cuatlaco, en la carta ciudad Sahagún [3], que se desarrollaron durante la actividad volcánica de otras calderas.

Demant [20], establece que las ignimbritas son buenos marcadores estratigráficos en el registro geológico y que las ignimbritas formadas por erupciones caldericas, son más extensas en volumen y distribución espacial que las ignimbritas formadas por erupciones plinianas de estratovolcanes.

Entonces, parece ser que el vulcanismo silíceo del Plioceno temprano asociado a calderas, es un buen marcador estratigráfico para la ocurrencia de depósitos de caolín, tanto en la FVT como en el CMPF.

Modelo genético

Los yacimientos hidrotermales están asociados a sistemas geotérmicos, que a su vez se asocian a diferentes tipos de agua (Tabla 2).

Tabla 2. Características físico-químicas de aguas asociadas a sistemas geotérmicos. Qz=cuarzo, Adl=adularia, Cal=calcita, Chl= clorita, Ep=epidota, Py=pirita, Kln=caolinita, Alu=alunita, S= azufre, Mnt=montmorillonita, Arc=arcillas, Zeo=zeolitas.

TIPO DE AGUA	SALINIDAD (% en peso)	ORIGEN	pH	T (°C)	ALTERACION
Sodio-clorurada	0.1-0.2	Circulación profunda	6.0-7.5	200-300	Propilitica (Qz+Adl+Ca+Chl+Ep+Py)
Acido-sulfatada	0	Condensación superficial y oxidación de H ₂ S, produce fluidos ricos en sulfato	2.0-3.0	100-130	Argílica avanzada (Kln+Alu+S)
Carbonatada	Baja	Condensación de vapor y gas en aguas marginales y superficiales	5.0-6.0	100-180	Argílica (Mnt+Arc+Zeo)

De manera particular, las aguas ácido-sulfatadas se producen en la cima de sistemas geotérmicos, cuando aguas sodio-cloruradas llegan hasta el nivel freático. El H₂S en solución se condensa y forma ácido sulfúrico (H₂SO₄). Arriba del nivel freático se efectúa una lixiviación intensa de la roca formando cráteres de colapso con aguas estancadas conteniendo caolín y alunita.

Estas aguas ácido-sulfatadas producen una alteración hipogénica (caracterizada por la destrucción total de feldespatos en condiciones de hidrólisis), en rocas situadas hacia la cima del sistema, lo que corresponde al tipo de alteración argílica avanzada definida por la presencia de alunita, caolinita, dickita, cristobalita, azufre nativo, pirita y hematita. Es importante discriminar estas zonas con las de alteración supergénica con alunita + caolinita + ópalo (a veces con azufre a veces con yeso), que se forman en aguas ácidas superficiales por oxidación de H₂S en H₂SO₄.

Las calderas, por otra parte, pueden ser el sitio ideal para la

circulación de aguas magmáticas y meteóricas, ya que son estructuras tectono-magmáticas con litologías, fallas y fracturas, que son permeables y que permiten el flujo hidrotermal y meteórico. Asimismo, sabemos que las ignimbritas presentan alta permeabilidad y que se emplazan aún calientes (<300 °C), lo que permite que el vapor de agua que contienen pase a la fase líquida, alterando los feldespatos para formar caolinita.

En esta óptica, los yacimientos de caolín del estado de Hidalgo, pueden representar la cima de sistemas geotérmicos, formados por la acción de aguas ácido-sulfatadas (Figura 2). Se clasifican como depósitos hidrotermales en depresiones estructurales asociadas a vulcanismo ácido, o como depósitos primarios del tipo depósitos (sub) volcánicos y piroclásticos [1].

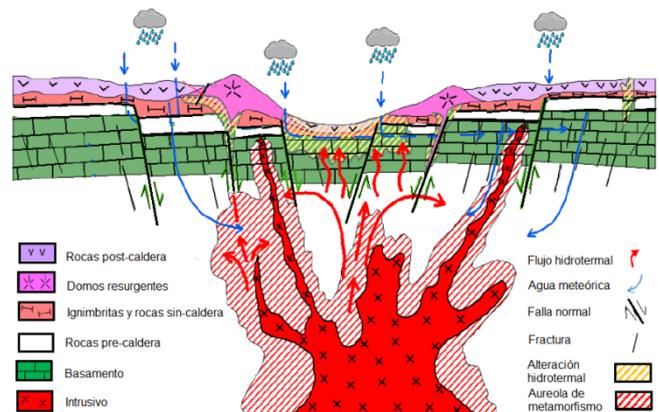


Figura 2. Modelo genético de los yacimientos de caolín asociados a calderas y domos resurgentes. Modificado de Maldonado-Sarabia et al. [3].

Conclusiones

Se constata, después del análisis efectuado, que la distribución de yacimientos de caolín se asocia espacial y temporalmente con el vulcanismo del Plioceno temprano, en un intervalo dado de tobas riolíticas o riolitas que los encajonan. Parecen estar relacionados a calderas resurgentes activas, entre 4.2-4.4 Ma en la FVT y CMPF. También es factible la ocurrencia de depósitos de caolín en domos resurgentes, o en calderas del Mioceno medio. El modelo genético es compatible con la acción de aguas ácido-sulfatadas, permeando a través de rocas piroclásticas o volcánicas en un edificio calderico.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Referencias

[1] Dill, H.G., Kaolin: soil, rock and ore: from the mineral to the magmatic, sedimentary and metamorphic environments. Earth Science Reviews, 2016; 161: 16-129.

- [2] Solana-López, J. Inventario físico de los recursos minerales del municipio de Cuauhtepic de Hinojosa, Hgo. Consejo de Recursos Minerales y Fideicomiso de Fomento Minero, 2004: 64 pp.
- [3] Maldonado-Sarabia, R.C., Castillo-Domínguez, I, Alvarado-Salazar, A.E. Ciudad Sahagún F14-B12, escala 1:50000 estado de Hidalgo y estado de México. Servicio Geológico Mexicano, 2018: 89 pp.
- [4] Aguilera, J.C. Los caolines de la hacienda de Yexthó. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 1908; 3: 25-33.
- [5] García-Reyes, A.E., Inventario físico de los recursos minerales del municipio Agua Blanca, Hgo. Consejo de Recursos Minerales y Fideicomiso de Fomento Minero, 2004: 36 pp.
- [6] García-Reyes, A.E., Inventario físico de los recursos minerales del municipio de Zacualtipán, Hgo. Consejo de Recursos Minerales y Fideicomiso de Fomento Minero, 2004: 32 pp.
- [7] Jiménez-Hernández, A., Castillo-Domínguez, I, Alfaro-Torres, M.C. Carbonero Jacales F14-D72, escala 1:50000, estados de Hidalgo y Veracruz. Servicio Geológico Mexicano, 2018: 103 pp.
- [8] Servicio Geológico Mexicano, Panorama minero del estado de Hidalgo, edición 2018: 66 pp. Recuperado de <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/HIDALGO.pdf>.
- [9] Segerstrom, K., Geología del suroeste del estado de Hidalgo y del noreste del estado de México. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, 1961; 13 (3-4): 147-168.
- [10] Ferrari, L., Orozco-Esquivel, T., López-Martínez, M., Hernández, M. La ignimbrita Carboneros: impacto geológico y geomorfológico de una erupción silícica mayor del Plioceno temprano en el estado de Hidalgo. Geos, 2008; 28,(2): VUL-9.
- [11] Cantagrel, J.M., Robin, C. K-Ar dating on eastern Mexican volcanic rocks-relations between the andesitic and the alkaline provinces. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 1979; 5: 99-114.
- [12] Barrera-Guerrero, S, Ortiz-Hernández, L.E. Episodios volcánicos en la caldera Tolteca, estados de Hidalgo, México y Querétaro, México. XVII Congreso Nacional de Geoquímica, Pachuca, Hidalgo, México, Actas INAGEQ, 2007; 13(1): 4 pp.
- [13] Yáñez, C. Exploración geológica de la caldera de Huichapan, Estado de Hidalgo. Sociedad Geológica Mexicana, Convención Geológica Nacional, 1984:171-173.
- [14] Ferriz, H. Zoneamiento composicional y mineralógico en los productos eruptivos del centro volcánico de Los Humeros, Puebla, México. Geofísica Internacional, 1985; 24 (1): 97-158.
- [15] Ferriz, H., Mahood, A.G. Volcanismo riolítico en el Eje Neovolcánico Mexicano. Geofísica Internacional, 1986; 25 (1): 117-156.
- [16] Aguirre-Díaz, G., J., López-Martínez, M. Geologic evolution of DonGuinyó-Huichapan caldera complex. central Mexican Volcanic Belt. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 2009; 179: 133-148.
- [17] Aguirre-Díaz, G., J., López-Martínez, M. Evolución geológica de la caldera Huichapan., Hidalgo, en base a nuevas edades $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$. Geos, 2001, 21: 320-321.
- [18] Solana-López, J. Geología regional y petrogénesis del vulcanismo silícico de la región circundante a la ciudad de Tulancingo, Estado de Hidalgo, Tesis de Maestría, IPN, ESIA-Unidad Ticomán. 2010: 99 pp.
- [19] López-Hernández, A., Aguirre-Díaz, G.J., López-Martínez, M. El complejo volcánico Tulancingo-Acozulco, dos calderas anidadas en el sector oriental del Cinturón Volcánico Mexicano. Geos, 2000; 20: 309.
- [20] Demant, A. Ignimbrites: stratigraphic marker and record of the magmatic and tectonic evolution. C.R Geoscience. 2005; 337: 1301-1302.